

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-180421

(43)Date of publication of application : 30.06.2000

(51)Int.CI.

G01N 29/10

B23K 31/00

(21)Application number : 10-354100

(71)Applicant : NKK CORP

(22)Date of filing : 14.12.1998

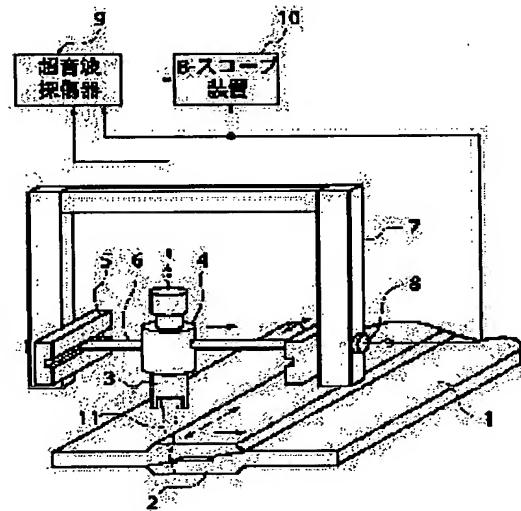
(72)Inventor : HASHIMOTO TATSUYA  
IIZUKA YUKIMICHI

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR INSPECTING THIN PLATE LAP SEAM WELDED PART

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ultrasonic flaw detecting method and apparatus capable of detecting the flaw of the blow hole microporosity of several  $\mu\text{m}$  or less from perfect peel of a lapped part without generating irregularity in judgment and capable of also detecting the size of a molten part.

**SOLUTION:** A point focus type probe 3 is driven at a certain position in a weld bead lateral direction by the bead direction moving mechanism of a two-axis scanner 7 and moved at a predetermined pitch in a weld bead direction to collect an A-scope image and integrates the A-scope images obtained during the advance over a predetermined moving distance to obtain the average A-scope image at a bead lateral direction position. Since the arrangement of crystal grains is wholly random, the phase of reflected waves interferes to lower the echos from the crystal grains. Contrarily, since a position where there is a flaw is uniform in depth in a weld bead direction, a strong echo wherein the positions of reflected echos are aligned on the A-scope returns to the probe to be emphasized by integration.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-180421

(P2000-180421A)

(43)公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl.  
G 01 N 29/10  
B 23 K 31/00

識別記号  
505

F I  
G 01 N 29/10  
B 23 K 31/00

テイコト(参考)  
505 2G047  
L

審査請求 未請求 請求項の数6 ○L (全10頁)

(21)出願番号 特願平10-354100

(71)出願人 000004123

(22)出願日 平成10年12月14日 (1998.12.14)

日本钢管株式会社  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

(72)発明者 桥本 達也  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本钢管株式会社内

(72)発明者 鈴木 幸理  
東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本钢管株式会社内

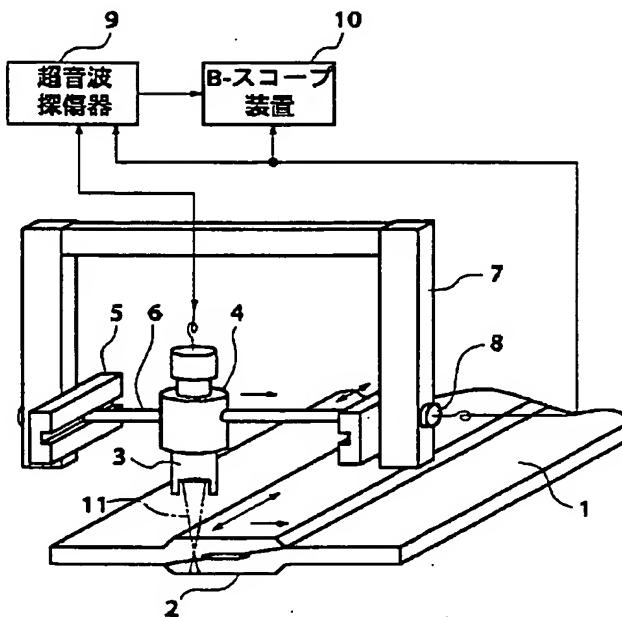
(74)代理人 100094846  
弁理士 細江 利昭  
F ターム(参考) 2G047 AA07 AB04 AB08 BC07 DA01  
DA02 EA10 GB24 GF11 GF18  
GG35 GH07

(54)【発明の名称】薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法及び装置

(57)【要約】

【課題】重ね合わせ部の完全な剥離から数 $\mu$ m以下のプローホール・ミクロポロシティの欠陥を判定にバラツキなく検出でき、かつ、溶融部の大きさが検出できる超音波探傷方法及び装置を提供する。

【解決手段】ポイントフォーカス型探触子3は、溶接ビード幅方向のある位置において、2軸スキャナー7のビード方向移動機構5により駆動されて、溶接ビード方向に所定ピッチで移動しながらA-スコープ像を採取し、所定の移動距離を進む間に得られたA-スコープの像を積算し、そのビード幅方向位置での平均A-スコープ像を得る。結晶粒の配置は全てランダムなため反射波の位相が干渉して結晶粒からのエコーは低くなる。これに対し、欠陥のある位置は溶接ビード方向に均一な深さであることから、A-スコープ上で反射エコーの位置がそろった強いエコーが探触子に帰ってくるので、積算により強調される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接状態を超音波により検査する方法であって、周波数が30MHz以上でポイントフォーカスさせた超音波を、溶接部肉厚中央部に焦点がくるように伝播させて、その被検査体内部からの反射エコーをAースコープ像として得、当該ポイントフォーカスさせた超音波を溶接ビード方向に平行に移動しながらAースコープ像の時間軸の同じ点のデータを積算して、Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像を作成し、この操作を、前記ポイントフォーカスさせた超音波をビード幅方向に移動しながら繰り返し行ってビードの全幅をスキャンし、前記Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像から、Bースコープ像を合成することにより、当該シーム溶接部の断層像を得る工程を有してなることを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法。

【請求項2】 薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接状態を超音波により検査する方法であって、請求項1に示したシーム溶接部検査方法で得られる溶接部の断層像から薄板を重ね合わせた界面の長さを求め、その長さと溶融部（界面付近のエコーない部位）幅の割合から、重ね合わせ部位中の溶融部の割合、即ち溶接部の溶け込み比率を算出し、その比率から当該溶接部の良否を判定することを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法。

【請求項3】 請求項1又は請求項2に記載の薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法であって、請求項1に示したシーム溶接部検査方法を被検査体の表面と裏面からを適用し、その2つの断層像を向きを合わせて合成する工程を有してなることを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法。

【請求項4】 請求項1又は請求項2に記載の薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法であって、請求項1に示したシーム溶接部検査方法で被検査体を検査する際に、被検査体の表面エコーを基準にBースコープ像を合成することを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法。

【請求項5】 薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接状態を超音波により検査する装置であって、発振周波数帯域が30MHz以上の広帯域収束型超音波探触子及び超音波探傷器を有する超音波探傷装置と、広帯域収束型超音波探触子を溶接ビード方向及び溶接ビード幅方向にスキャニングさせるスキャニング装置と、超音波探傷装置からの探傷信号のAースコープ像から、広帯域収束型超音波探触子の溶接ビード方向へのスキャニングに応じて、Aースコープ像の時間軸の同じ点のデータを積算して、Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像を作成する手段と、溶接ビード幅方向各点における前記Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像からBースコープ像を作成する手段とを有してなることを特徴とする薄板重ね合わせ

シーム溶接部の検査装置。

【請求項6】 請求項5に記載の薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置の構成に加え、得られたBースコープ像から薄板を重ね合わせた界面の長さを算出する手段と、その長さと溶接幅の割合から溶接部の溶け込み比率を算出する手段と、その比率から当該溶接部の良否を判定する良否判定手段を有してなることを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、薄板を重ね合わせて溶接した、重ね合わせ部（シーム部）の溶接状態を、超音波を用いて非破壊検査する方法及びその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 シーム溶接、スポット溶接等の溶接部の検査方法として、オフライン検査とオンライン検査とが挙げられるが、そのうち、前者のオフライン検査では、溶接部およびその溶接部周辺部の一部を切り取ってサンプルを取り出し、当該サンプルに対して次のような検査を実施している。

【0003】 すなわち、サンプルの溶接部分を油圧装置で押し破り、その破れ方から良否を判定するエリクセンテスト、メタルフロー写真や金属組織写真などから要否を判定する顕微鏡テスト、引っ張り強度の試験により良否を判定する引っ張り試験、さらに曲げ強度の試験により良否を判定する曲げ強度試験などであり、これらは何れもサンプルを固定した状態で試験するため、微細な欠陥の状態を検査できる。

【0004】 しかし、これらのオフラインの検査方法は、事後評価であることから迅速な対応ができないこと、また実際には、溶接部箇所毎に溶接品質が変化するが、抜き取り検査であるため、その状況を適切に把握できない問題がある。そこで、以上のような問題点を改善するためには、オンラインによる検査方法が最適であるといえる。

【0005】 従来、かかるオンライン検査方法は、溶接部の目視検査、ハンマリングテスト、溶接時の溶接電流チャートの確認、超音波探傷試験などにより行われている。しかしながら、以上のようなオンライン検査方法のうち、溶接部の目視検査による場合には次のような問題がある。それは、溶接内部の品質を判定するのが非常に難しいこと、その検査員の経験、熟練度によって判定結果に相当のバラツキが出ることである。

【0006】 一方、ハンマリングテストでは、その振動信号などから溶接部の状況を判定するが、正確性に欠けるばかりでなく、その判定の後に目視による確認を行う必要があり、同様に微細な欠陥を発見できない可能性がある。さらに、溶接電流チャートから判定する場合には、溶接部の明瞭な変化を認識できるものの、微小な欠

陥の違いを発見できない問題がある。

【0007】このような事情から、超音波探傷試験によるオンライン検査方法が提案されている。その一例として、特開平6-87081号公報に開示された方法がある。この方法は、溶接直後に超音波探触子を溶接幅及び溶接長手方向に移動させながら超音波探傷し、溶接部位の反射率を求め、その検出した超音波反射率が予め設定した基準値を超えるか否かで、溶接状態の良否を判定するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接不良は、重ね合わせ部の完全な剥離から、大きさが数 $\mu\text{m}$ 以下のプローホール・ミクロポロシティまで多様な状態がある。これらのいかなる溶接不良も、薄板の連続処理プロセスなどの過酷な条件下においては、破断に至る恐れがあるため検出する必要がある。

【0009】しかし、前記特開平6-87081号公報に開示された超音波検査方法においては、欠陥判定に、溶接部位の一点における反射率を用いているので、もし使用する超音波が $\sim 10\text{MHz}$ 程度の低い周波数であれば完全な剥離は検出できるものの、数十 $\mu\text{m}$ の欠陥は検出できないことになる。

【0010】また使用する超音波が $30\text{MHz}$ 以上の高い周波数であれば、大きさが数十 $\mu\text{m}$ の欠陥からの反射エコーはあるものの、溶接部表面の形状変化による被検査体への伝達損失の差が原因となり判定基準が設けられない場合があったり、鋼種によっては熱影響部の結晶粒が成長し、それが超音波を散乱させて妨害エコーとなり欠陥エコーを分離できなかったりする。そのため、前記超音波検査方法においては、数十 $\mu\text{m}$ 以下の欠陥まで検出することは難しい。

【0011】さらに、たとえ高い周波数で探傷でき、欠陥判定基準値も設けられたとしても、一般にこの種の溶接においては、重ね合わせ部の中央のみが溶融し両端は圧接状態になっているため、結晶粒からの妨害エコーもなく、ビード幅方向で反射率変化がある。よって、溶融部が形成されていても重ね合わせ部の両端付近で欠陥と判定してしまう可能性があり、誤判定の恐れがある。従って、前記超音波検査方法においては、このような点からも、低い周波数を用いた探傷で溶接部の完全な剥離を検出することは可能であるが、数十 $\mu\text{m}$ 以下の欠陥まで検出することは難しい。

【0012】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、溶接部の溶融状態をオンラインで検査でき、かつ溶接部の良・不良を定性的でなく定量的に評価可能であり、また、溶接部位の外形状や鋼種による結晶粒径の成長度合いに依存せず、重ね合わせ部の完全な剥離から数 $\mu\text{m}$ 以下のプローホール・ミクロポロシティの欠陥を判定にバラツキなく検出でき、かつ、溶融部の大き

さが検出できる超音波探傷方法及び装置を提供することを課題とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するための第1の手段は、薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接状態を超音波により検査する方法であって、周波数が $30\text{MHz}$ 以上でポイントフォーカスさせた超音波を、溶接部肉厚中央部に焦点がくるように伝播させて、その被検査体内部からの反射エコーをAースコープ像として得、当該ポイントフォーカスさせた超音波を溶接ビード方向に平行に移動しながらAースコープ像の時間軸の同じ点のデータを積算して、Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像を作成し、この操作を、前記ポイントフォーカスさせた超音波をビード幅方向に移動しながら繰り返し行ってビードの全幅をスキャンし、前記Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像から、Bースコープ像を合成することにより、当該シーム溶接部の断層像を得る工程を有してなることを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法（請求項1）である。

【0014】薄板重ね合わせ溶接部で有害となる大きさ数～数十ミクロンのプローホール・ミクロポロシティ等の欠陥を検出するために、超音波の周波数は $30\text{MHz}$ 以上の高い周波数でなければならない、しかし、周波数を高くすると結晶粒からの散乱エコーも検出され、検出すべき欠陥の大きさが結晶粒径程度になると、探傷波形、即ちAースコープ上では欠陥エコーは結晶粒からの散乱エコーとほとんど区別がつかない状態になる。

【0015】しかし、個々の結晶粒は溶接部内で全くランダムに存在しているのに対し、溶接不良によって発生したプローホール等の欠陥は2枚の薄板を重ね合わせた界面にのみ発生するため溶接の長手方向に均一な深さで存在している（金太郎飴のような状態）。そのため、超音波ビームを溶接ビード方向移動させて、Aースコープ像の時間軸が同じ点のデータについて積算・平均化処理を行なうと、前者のエコーは個々の位置が異なるため干渉し検出される信号が減り、後者のエコーは位置が同じであるので強めあった信号が検出できる。よって、欠陥の大きさが結晶粒径程度でも、平均化された探傷波形、即ち平均化されたAースコープ上では、欠陥エコーが結晶粒からの散乱エコーより強く検出できるようになる。

【0016】このビード方向に平均化されたAースコープ像をビード幅方向に探触子を移動させながら探し、それぞれの位置でのAースコープ像を輝度分布にして画像化（Bースコープ化）すると、溶接部内部の断層像を得ることができる。この断層像においては、溶接部の表面と裏面からのエコー内に重ね合わせ界面エコーがあれば線状の輝度分布となって観測できる。また、溶融していれば線状の輝度分布が観測できないので溶融部の存在を確認できる。

【0017】前記課題を解決するための第2の手段は、

薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接状態を超音波により検査する方法であって、請求項1に示したシーム溶接部検査方法で得られる溶接部の断層像から薄板を重ね合わせた界面の長さを求め、その長さと溶融部（界面付近のエコーない部位）幅の割合から、重ね合わせ部位中の溶融部の割合、即ち溶接部の溶け込み比率を算出し、その比率から当該溶接部の良否を判定することを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法（請求項2）である。

【0018】前記第1の手段によって得られる溶接部の超音波断層像は、重ね合わせ溶接部における溶融部分とそうでない部分を断面検鏡写真のように画像化したものであり、これから溶接の良否を決定するには、人による判断が一般的である。これを自動化するために、溶接部の強度と密接な関係の溶融部の大きさで評価することが適当である。実際には、2枚の薄鋼板の重ね合わせ幅は板厚に依存するものなので、溶融部の大きさ、即ち溶融部のビード幅方向の長さをビード幅で割った割合を溶け込み比率として評価量とするのが最適である。また、溶融部のビード幅方向の長さは、溶接部の断層像から観測される重ね合わせ部界面付近のエコーが無い部分をその長さとする。

【0019】前記課題を解決するための第3の手段は、前記第1の手段又は第2の手段のいずれかであって、前記第1の手段による溶接部検査方法を被検査体の表面と裏面から適用し、その2つの断層像を向きを合わせて合成する工程を有してなることを特徴とするもの（請求項3）である。

【0020】前記第1の手段においては、探傷に使用する超音波は30MHz以上の高い周波数であるが、そのパルス幅は約30nsであり、鋼板を0.2mm伝搬する時間に相当する。被検査体の表面からのエコー（表面エコー）が存在する時間においては、検査体内からの反射エコーは検出することができないので、表面近傍に、少なくともこのパルス幅に相当する不感体ができてしまう。そのため、板厚が0.5mm程度以下の薄板を重ね合わせた溶接部を探傷すると、肉厚の約半分が不感体となってしまう。それによる断層像の近距離分解能の悪さを改善するには、反対側（被検査体の裏面）から同様の探傷を行い、2つの断層像の合成を行えばよい。従って、本手段のような工程を行うことにより、鋼板の表面から裏面まで不感体のない断層像が得られる。

【0021】前記課題を解決するための第4の手段は、前記第1の手段又は第2の手段のうちのいずれかであって、前記第1の手段により被検査体を検査する際に、被検査体の表面エコーを基準にBースコープ像を合成することを特徴とするもの（請求項5）である。

【0022】前記第1の手段により検査を行う場合、使用する超音波の周波数が高いので探触子と被検査体の接触媒質には減衰の少ない水を使うのが最も都合がよい。

しかし、鋼材中の音速は、水中のその約4倍であるため、被検査体の表面に凹凸があった場合に、断層像に現れる像の位置の変化は実際の被検査体の表面の凹凸の約4倍になる。このため、像が乱れてしまい、溶接の良否の判断が容易ではなくなる。それを防ぐため、表面エコーを基準に画像を構成すると若干実際の外形状と異なるが見やすい断層画像が得られる。

【0023】前記課題を解決するための第5の手段は、薄板重ね合わせシーム溶接部の溶接状態を超音波により検査する装置であって、発振周波数帯域が30MHz以上の広帯域収束型超音波探触子及び超音波探傷器を有する超音波探傷装置と、広帯域収束型超音波探触子を溶接ビード方向及び溶接ビード幅方向にスキャニングさせるスキャニング装置と、超音波探傷装置からの探傷信号のAースコープ像から、広帯域収束型超音波探触子の溶接ビード方向へのスキャニングに応じて、Aースコープ像の時間軸が同じ点のデータを積算して、Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像を作成する手段と、溶接ビード幅方向各点における前記Aースコープ像の溶接ビード方向平均化像からBースコープ像を作成する手段とを有してなることを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置（請求項5）である。

【0024】本手段によれば、前記第1の手段で述べたシーム溶接部の検査方法を実施することができる。

【0025】前記課題を解決するための第6の手段は、前記第5の手段の構成に加え、得られたBースコープ像から薄板を重ね合わせた界面の長さを算出する手段と、その長さと溶接幅の割合から溶接部の溶け込み比率を算出する手段と、その比率から当該溶接部の良否を判定する良否判定手段を有してなることを特徴とする薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置（請求項6）である。

【0026】本手段によれば、前記第2の手段で述べたシーム溶接部の検査方法を実施することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例を図を用いて説明する。図1は本発明の実施の形態の1例である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置の構成の概略を示す図であり、この装置は本発明の実施の形態である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法を実施するためのものである。図1において、1は薄鋼板、2は重ね合わせシーム溶接部（ビード部）、3はポイントフォーカス型探触子、4は探触子ホルダー、5はビード方向移動機構、6はビード幅方向移動機構、7は2軸スキャナー、8は探触子位置検出器、9は超音波探傷装置、10はBースコープ装置、11は超音波ビームである。

【0028】ここで、ポイントフォーカス型探触子3は、30MHz以上の超音波を発生させることができる広帯域のものであり、超音波探傷器9も30MHz以上の広帯域なパルス電圧を送受信および増幅できるものである。さらに、超音波探傷器9は、Aースコープ波形をメ

モリに蓄えることができ、繰り返し得られるA-スコープ波形を積算する機能を有するものである。

【0029】ポイントフォーカス型探触子3は、探触子ホルダー4を介して2軸スキャナー7を取り付けてあり、2軸スキャナー7は、ビード方向移動機構5により、薄板重ね合わせシーム溶接部2の溶接ビード方向に、ビード幅方向移動機構6により、溶接ビード幅方向に、それぞれポイントフォーカス型探触子3をスキャンするようになっている。そして、ポイントフォーカス型探触子3の位置は、探触子位置検出器8により検出される。また、ポイントフォーカス型探触子3と被検査体である重ね合わせシーム溶接部2の間は、超音波が伝達できるよう局部的に水につかるようになっている。ポイントフォーカス型探触子3から送信される超音波ビーム11は、図1のような溶接部断面で見ると、重ね合わせシーム溶接部2の肉厚中央でフォーカスを結ぶようになっている。

【0030】図2は、ポイントフォーカス型探触子3が、重ね合わせシーム溶接部2をビード長さ方向にスキャニングする様子を示した図である。以下の図において、前出の図に示された構成要素と同じ構成要素には、同じ符号を付してその説明を省略する。

【0031】ポイントフォーカス型探触子3は、図2に示すように溶接ビード幅方向のある位置において、2軸スキャナー7のビード方向移動機構5により駆動されて、溶接ビード方向に所定ピッチで移動しながらA-スコープ像を採取し、その波形を探傷器のメモリに蓄える。そして、所定の移動距離を進む間に得られたA-スコープの像を積算し（すなわち、各A-スコープにおける時間軸が同じ点の出力信号を積算し）、これから、そのビード幅方向位置での平均A-スコープ像を得る。この時、移動ピッチは材料起因のノイズとなる粒径より大きければよく、この実施の形態においては $100\mu\text{m}$ としている。すなわち、 $100\mu\text{m}$ 毎のビード方向移動ごとに得られたA-スコープ画像を積算している。

【0032】また、あるビード幅方向位置での移動距離は一回の移動ピッチ×積算の回数で決定され、本実施の形態の場合、積算の回数=64回でとしているので、移動範囲は $0.1\text{mm} \times 64\text{回} = 6.4\text{mm}$ である。

【0033】こうすることにより、結晶粒径と同等の大きさのプローホールやミクロボロシティ等の溶接欠陥を検出することができる。その理由は、検出すべき欠陥が溶接部結晶粒とほぼ同等の大きさで同等の超音波反射率であった場合、一点における探傷では、両者の反射エコーは同等になり区別がつかなくなるが、図2のようにポイントフォーカスの超音波ビームを溶接ビード方向にスキャンしながら各位置でのA-スコープ像を積算すると、結晶粒の配置は全てランダムなため反射波の位相が干渉して結晶粒からのエコーは低くなる。これに対し、欠陥のある位置は2枚の薄板の重ね合わせ部であり溶接

ビード方向に均一な深さであることから、A-スコープ上で反射エコーの位置がそろった強いエコーが探触子に帰ってくるので、積算により強調されるからである。

【0034】図3に、重ね合わせシーム溶接部2のうち、重ね合わせ部を探傷しているときの様子を示す。図3において、12は溶融部（ナゲット）、13は重ね合わせ部である。溶融部とは、溶接により2枚の薄鋼板1が溶融して接合されている部分であり、重ね合わせ部とは、2枚の薄鋼板は密着又はそれに近い状態にあるものの、接合されていない部分をいう。

【0035】図3(a)の位置で、溶接ビード方向に積算した探傷を行ったときの平均A-スコープ像は、図3(b)のようになり、重ね合わせ部13からのエコーが検出できる。図3(b)において、Sエコーは被検査体表面からのエコーであり、Bエコーは被検査体底面からのエコーであり、Fエコーは被検査体内の重ね合わせ部13からの反射エコーである。図3(b)を見るとわかるように、ノイズが検出されているものの、積算・平均化処理によりFエコーに比して小さくなっている。

【0036】これに対し、重ね合わせシーム溶接部2のうち溶融部12を探傷しているときの様子を図4に示す。図4(a)の位置で探傷を行った場合、超音波ビーム11の通過する範囲では、鋼板は溶融により一体化されており、重ね合わせ部の界面が無くなっているので、Fエコーとして検出される反射波が無く、図4(b)に示すような平均A-スコープ画像が得られる。

【0037】図1において、超音波探傷器9で得られる溶接ビード方向に積算・平均されたA-スコープ波形は、B-スコープ装置10に転送される。2軸スキャナー7は、この転送が終了する毎にビード幅方向移動機構6を駆動して、ポイントフォーカス型探触子3を重ね合わせシーム溶接部2の一端からもう一端まで所定のピッチで移動する。探触子位置検出器8で検出された各位置での座標は、B-スコープ装置10に送信される。すると、B-スコープ装置10は、それぞれの位置での平均A-スコープ像を輝度像に変換し、B-スコープ像（断層像）を描いていく。

【0038】図5は、請求項1の検査方法で被検査体を検査した際のB-スコープ像の例である。ただし、見やすくするため、肉厚方向に2倍に拡大してある。このB-スコープ像においては、斜めに重ね合わせ部13の像が白く観察され、板厚中心付近に溶融部12の像が黒く観察されている。

【0039】図6は、薄板重ね合わせシーム溶接部2の断面を示したものである。図6において重ね合わせ部13は、図5のB-スコープ像で溶接内部の線として検出される部位であり、溶融部12は、線が途中で消える部位である。今、図6に示すように重ね合わせの面の全長をWとし、溶融部12の重ね合わせ面方向の長さをXとすると、溶け込み比率は、 $X/W$ で定義できる。

【0040】溶け込み比率は溶接部の引っ張り強度と関係がある。この関係の例を図7に示す。引っ張り強度が、どれくらいで溶接欠陥とするかは、鋼種やその生産ラインで異なるが、一般に母材部の引っ張り強度に近い強度があれば、ライン内破断は起きない。この実施の形態では、低炭素鋼の母材部破断の起きる500N/cm<sup>2</sup>を溶接の良・不良の境とし、溶け込み比率50%以上を溶接合格、それ未満を溶接不合格としている。

【0041】図8に、本発明の他の実施の形態である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法の概要を示す。図5からもわかるように、鋼板表面直下の0.2~0.3mmは、Sエコーに重なってしまい、不感体となっている、そのため図8に示すように、薄鋼板1の上面と下面に探触子を配置し、両者を順次、前記の実施の形態で説明したような方法で走査してB-スコープを作成し、得られる2つのB-スコープ像を両者とも肉厚中央から切断し、両者の底面側を付け合わせることで、不感体のないB-スコープ像を得ることができる。

【0042】図5のB-スコープ像の溶接部右側を見ると、重ね合わせ部の先端と母材部（重ね合わせて無い部分）の段差が、実際の約4倍になっている。これは、鋼板の音速が接触媒質である水の音速の約4倍あるからであり、B-スコープ像が非常にわかりづらいものになっている。これに対し、本発明の別の実施の形態においては、平均A-スコープ像のSエコー位置を基準に（すなわち、ビード幅方向各位置におけるSエコーが一定位置にあるものとして）B-スコープ像を合成している。すると、得られるB-スコープ像は図9のようなり断層像が見やすくなる。

【0043】図10に本発明の実施の形態である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置の別の例の概略構成図を示す。図10において、14は界面エコー抽出装置、15は溶け込み比率算出装置、16は溶接部良否判定装置である。図10に示す実施の形態が、図1に示すものと異なる点は、これらの装置が付属されていることである。すなわち、図1に示す装置においては、B-スコープ像が自動的に作成されるが、それ以後の溶接部の良否判定処理は、人間がこのB-スコープ像を見て行わなければならなかったのに対し、図10に示す実施の形態においては、溶接部の良否判定までを自動で行えるようになっている。

【0044】B-スコープ装置10は、B-スコープ画像を界面エコー抽出装置14に転送する。界面エコー抽出装置14は、ノイズを消すための孤立点除去処理を行い、さらに表面エコーと底面エコーを消すことによって界面エコーのみを残した画像を作る。これらの処理は、周知の画像処理技術により実施することができる。その画像は、溶け込み比率算出装置22に送られる。溶け込み比率算出装置は、界面エコーの両端の距離、即ち重ね合わせ面の全長と、界面エコーの消えている部分、すな

わち溶け込み部分の長さを測定し、溶け込み比率を算出する。この処理も、周知の画像処理技術により実施することができる。算出された溶け込み比率は、溶接部良否判定装置16に転送される。溶接部良否判定装置16は、予めプリセットされた判定基準値をもとに溶接部の良否を判定する。

#### 【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のうち、請求項1に係る発明においては、超音波ビームを溶接ビード方向移動させて、A-スコープ像の時間軸の同じ点のデータについて積算・平均化処理を行っているので、欠陥エコーが結晶粒からの散乱エコーより強く検出できるようになる。また、超音波の周波数は30MHz以上と高いことから重ね合わせ部の完全な剥離から~数ミクロンのプローホール・ミクロポロシティに至る全有欠陥を検出することができる。

【0046】請求項2に係る発明においては、断層像から重ね合わせ部長さに対する溶融部の比率を求め、その比率から溶接部の良否を判定しているので、鋼種や結晶粒径の成長の差に影響されずに溶接部の良・不良を定性的でなく定量的に評価することができ、かつ、判定にバラツキを無くすることができる。

【0047】請求項3に係る発明においては、被検査体の両面から探傷を行い、2つの断層像の合成を行っているので、鋼板の表面から裏面まで不感体のない断層像を得られる。

【0048】請求項4に係る発明においては、表面エコーを基準に画像を構成しているので、溶接部の微小な外形状の変化で像が乱れることなく、見やすい断層画像が得られる。

【0049】請求項5に係る発明においては、請求項1に係る方法を実現することができ、請求項1と同様の効果が得られる。

【0050】請求項6に係る発明においては、請求項2に係る方法を実現することができ、請求項2と同様の効果が得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の1例である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置の構成の概略を示す図である。

【図2】ポイントフォーカス型探触子3が、重ね合わせシーム溶接部2をビード長さ方向にスキャニングする様子を示した図である。

【図3】重ね合わせシーム溶接部2のうち、重ね合わせ部を探傷しているときの様子を示す図である。

【図4】重ね合わせシーム溶接部2のうち溶融部を探傷しているときの様子を示す図である。

【図5】請求項1の検査方法で被検査体を検査した際のB-スコープ像の例を示す図である。

【図6】薄板重ね合わせシーム溶接部2の断面を示す図

である。

【図7】溶け込み比率は溶接部の引っ張り強度と関係の例を示す図である。

【図8】本発明の他の実施の形態である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査方法の概要を示す図である。

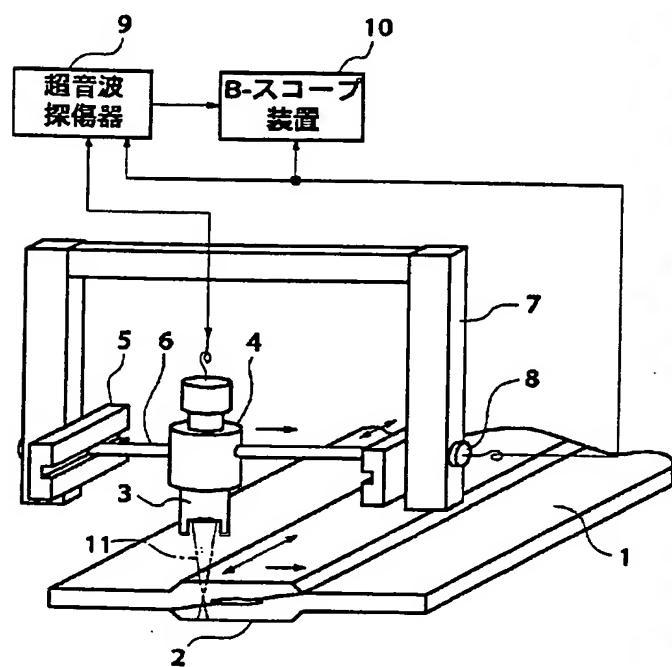
【図9】平均Aースコープの表面位置を基準にして合成したBースコープ画像の例を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態である薄板重ね合わせシーム溶接部の検査装置の別の例の概略構成図を示す図である。

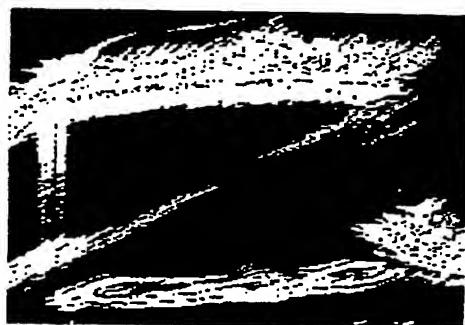
#### 【符号の説明】

1…薄鋼板、2…重ね合わせシーム溶接部、3…ポイントフォーカス型探触子、4…探触子ホルダー、5…ビード方向移動機構、6…ビード幅方向移動機構、7…2軸スキャナー、8…探触子位置検出器、9…超音波探傷装置、10…Bースコープ装置、11…超音波ビーム、12…溶融部（ナゲット）、13…重ね合わせ部、14…界面エコー抽出装置、15…溶け込み比率算出装置、16…溶接部良否判定装置

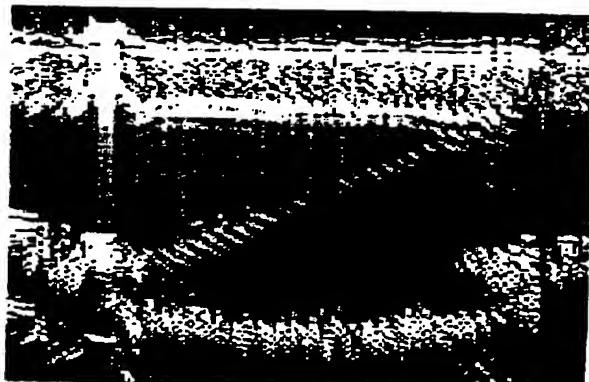
【図1】



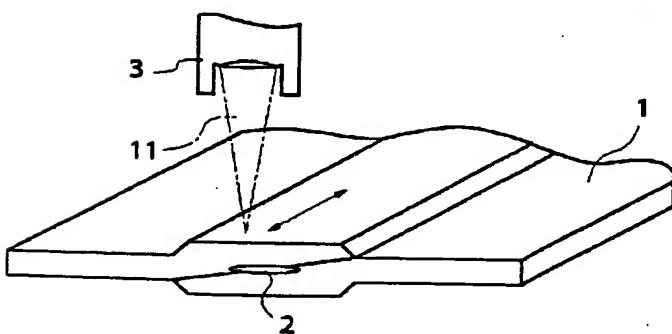
【図5】



【図9】

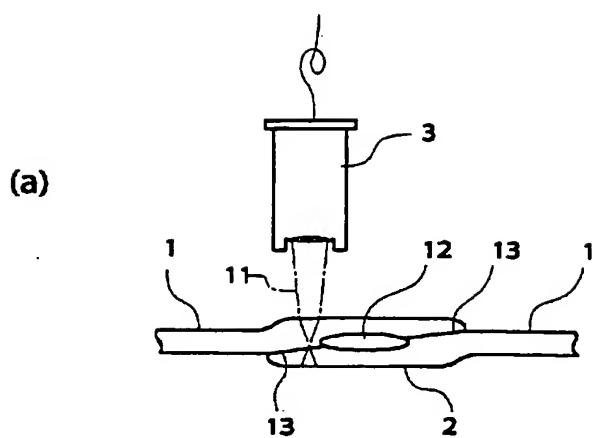


【図2】

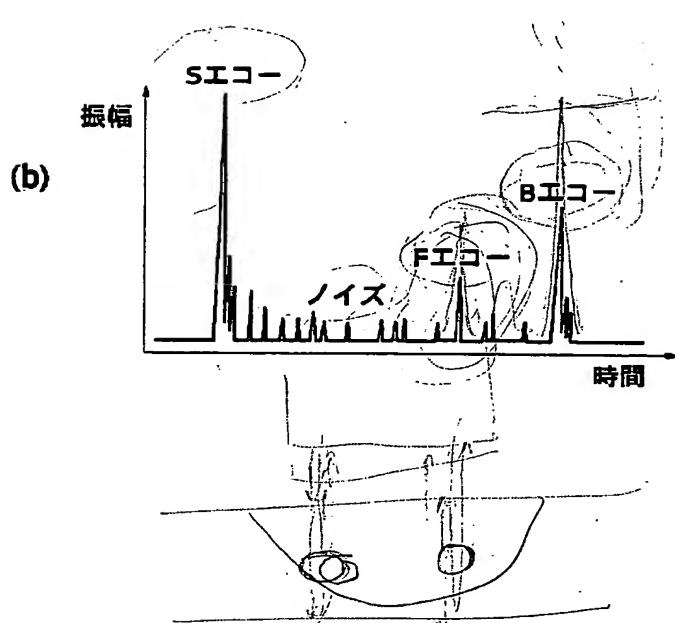
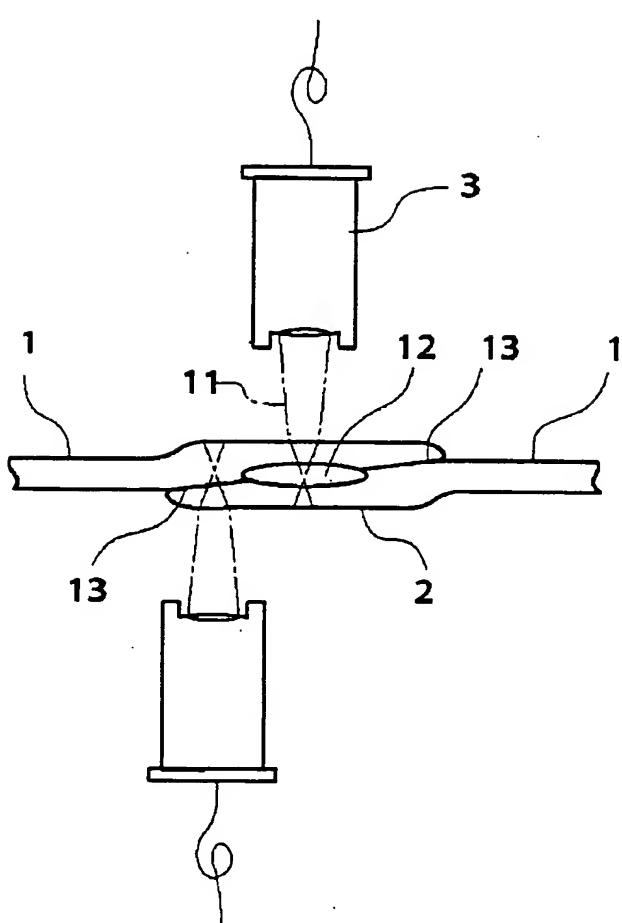


BEST AVAILABLE COPY

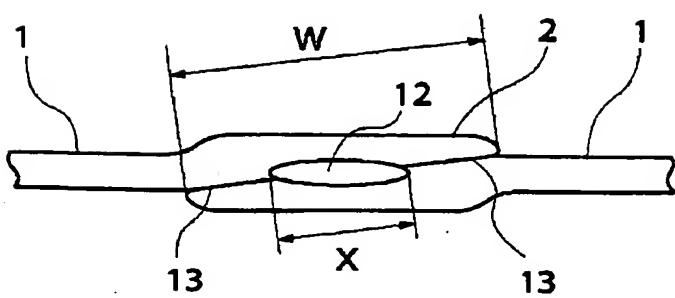
【図3】



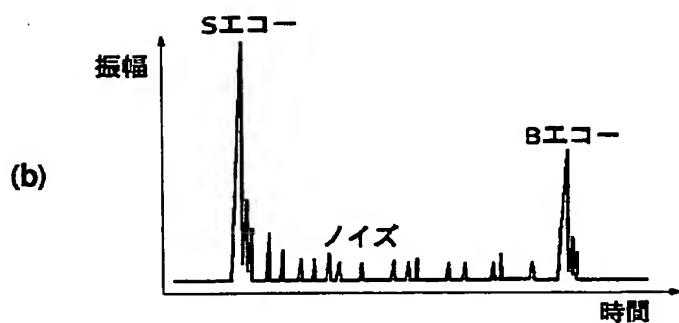
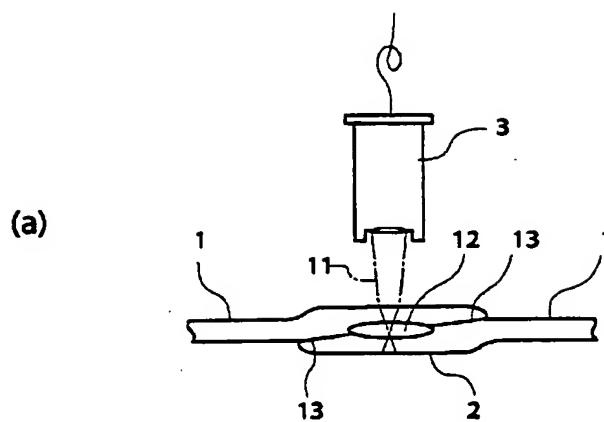
【図8】



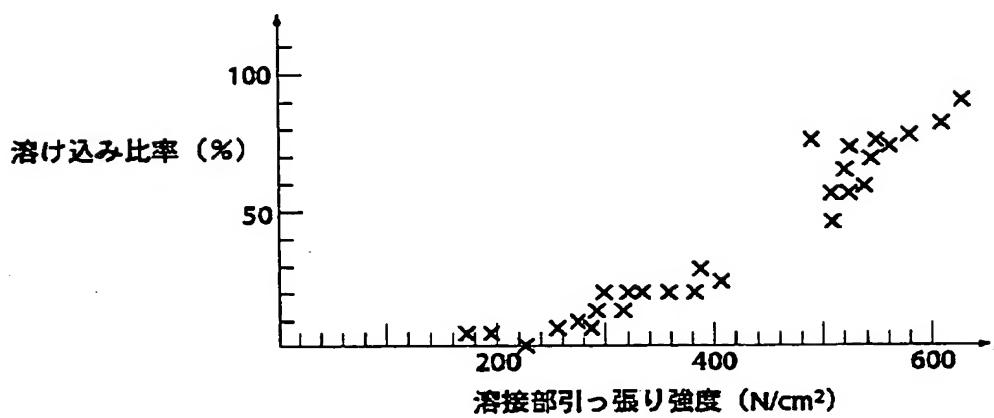
【図6】



【図4】



【図7】



【図10】

